

РАВНВЕСИЕ

РАВНОВЕСИЕ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПОВЕДЕНИЯ ФЛЮИДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

Версия продукта	1.0
Версия документа	1.0
Дата	16.07.2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. РАВНОВЕСИЕ. ПЛАТФОРМА.....	3
2. РАВНОВЕСИЕ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО РПОВЕДЕНИЯ ФЛЮИДОВ.....	4
2.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	4
• 2.2. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ.....	5
2.3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ	6

1. РАВНОВЕСИЕ. ПЛАТФОРМА

«Равновесие» – отечественный инженерный симулятор моделирования фазового равновесия флюидов, предназначенный для полного цикла работы с данными газоконденсатных PVT-исследований: загрузка исходных отчетов → распознавание и структурирование данных → создание математической PVT-модели → автоматическая адаптация → расчет экспериментов, фазовых диаграмм и сепарационных схем → анализ результатов.

- **Равновесие. Парсинг отчетов** – модуль чтения и распознавания технических отчетов в форматах DOCX, PDF, PNG, JPEG и других графических форматах
- **Равновесие. Данные исследований** – перевод результатов газоконденсатных исследований скважин и лабораторных PVT-исследований в табличный вид.
- **Равновесие. Проект** – дерево проекта по скважинам, компонентным составам, пробам и экспериментам
- **Равновесие. PVT-модель** – создание композиционной математической модели на основе кубических уравнений состояния
- **Равновесие. Автоадаптация** – автоматическая настройка модели на лабораторные и промысловые данные
- **Равновесие. Расчеты** – моделирование фазового равновесия, газоконденсатных экспериментов, фазовых диаграмм и промысловых схем сепарации

2. РАВНОВЕСИЕ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПОВЕДЕНИЯ ФЛЮИДОВ

Программный комплекс «Равновесие» предназначен для инженерного анализа пластовых углеводородных флюидов и расчета парожидкостного равновесия в многокомпонентных системах. В основе решения лежат кубические уравнения состояния, методы расчета фазового равновесия и алгоритмы автоматической адаптации PVT-моделей на экспериментальные данные.

Симулятор позволяет работать с исходными отчетами, распознавать табличные и графические данные, формировать структурированное дерево проекта, задавать компонентный состав, выбирать уравнение состояния, выполнять расчет равновесных фаз и сопоставлять модельные результаты с лабораторными и промысловыми измерениями.

Расчетное ядро поддерживает выбор уравнения состояния Пенга-Робинсона, Соаве-Редлиха-Квонга и Брусиловского. Для газоконденсатных систем реализованы основные расчеты, необходимые для проверки PVT-модели: контактная конденсация, контактно-дифференциальная конденсация, сепарация, расчет фазового равновесия при заданных термобарических условиях и построение фазовой диаграммы с изоплерами.

Решение ориентировано на задачи лабораторной интерпретации, промысловой проверки и инженерного прогнозирования свойств газоконденсатных систем в широком диапазоне термобарических условий. Оно может применяться при анализе данных по отдельным скважинам, сравнении компонентных составов по глубине, оценке потенциального содержания C5+ и подготовке расчетов сепарационных схем.

2.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Программный комплекс «Равновесие» позволяет:

- Загружать и распознавать технические отчеты в форматах DOCX, PDF, PNG, JPEG и других форматах изображений
- Парсить отчеты о газоконденсатных исследованиях скважин и лабораторных PVT-исследованиях
- Переводить результаты исследований в табличный вид с привязкой к скважинам, пробам, компонентным составам и экспериментам
- Создавать математическую PVT-модель на основе кубического уравнения состояния
- Выбирать термодинамический базис: Пенг-Робинсон, Соаве-Редлих-Квонг или уравнение состояния Брусиловского
- Автоматически адаптировать модель на результаты лабораторных и промысловых исследований. Выполнять пакетную автоадаптацию сразу по нескольким исследованиям и применять автогруппировку компонентов для уменьшения размерности системы
- Моделировать контактную конденсацию, контактно-дифференциальную конденсацию, сепарацию и расчет фазового равновесия при заданных давлении и температуре

- Эти возможности позволяют моделировать:

- Лабораторные PVT-исследования газоконденсатных систем
 - Промысловую сепарацию флюида
 - Специальные исследования.
- Промысловые газоконденсатные исследования скважин
- Фазовые диаграммы флюидов, включая огибающую фазового состояния и изоплеры
- Распределение компонентного состава и потенциального содержания C5+ с глубиной
- Схемы сепарации с расчетом дебитов газа, конденсата и других фаз с возможностью добавления нескольких скважин

Программный комплекс «Равновесие» может применяться для подготовки и проверки PVT-моделей, анализа качества исходных исследований, расчета промысловых режимов сепарации и сопоставления лабораторных и фактических данных.

Основные функциональные возможности текущей версии решения подробно представлены в таблице в п.2.3.

● 2.2. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

- Русскоязычный инженерный web-интерфейс, ориентированный на работу с PVT-отчетами и газоконденсатными исследованиями
- Единое дерево проекта по скважинам, компонентным составам, пробам, экспериментам и расчетным моделям
- Поддержка многоформатного импорта отчетов и изображений с последующим переводом данных в табличную структуру
- Модульное расчетное ядро с возможностью выбора кубического уравнения состояния
- Автоматическая адаптация PVT-модели с учетом физических ограничений и сохранением согласованности компонентного ряда
- Пакетная обработка нескольких исследований и группировка компонентов для сокращения числа расчетных псевдокомпонентов
- Визуализация результатов в виде таблиц, графиков, фазовых диаграмм, изоплер и зависимостей свойств от глубины
- Создание сепарационных схем с несколькими скважинами и расчетом дебитов по фазам
- Возможность расширения функциональности для нефтяных систем, твердых фаз и полярных компонентов в последующих версиях

Подготовка результатов для инженерного анализа, проверки модели и дальнейшего использования в технологических расчетах

2.3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

№	Функциональная возможность	Статус	Пояснение	Комментарий
Работа с исходными данными и проектом				
1	Импорт отчетов DOCX, PDF, PNG, JPEG и других графических форматов	Реализовано	Загрузка технических отчетов и изображений для последующего распознавания данных	
2	Парсинг отчетов о газоконденсатных исследованиях скважин	Реализовано	Извлечение режимов, составов, результатов сепарации и промысловых параметров	
3	Парсинг отчетов лабораторных PVT-исследований	Реализовано	Извлечение данных CVD/CCE, плотностей, составов, давления начала конденсации и других экспериментальных показателей	
4	Перевод результатов исследований в табличный вид	Реализовано	Структурирование распознанных данных для проверки, редактирования и дальнейшего расчета	
5	Дерево проекта	Реализовано	Организация данных по скважинам, компонентным составам, пробам, экспериментам и расчетным моделям	
Термодинамический базис и математическая модель				
6	Задание компонентного состава	Реализовано	Ввод компонентов, псевдофракций, молярных долей и базовых свойств	
7	Уравнение состояния Пенга-Робинсона	Реализовано	Кубическое уравнение состояния для расчета фазового равновесия углеводородных систем	
8	Уравнение состояния Соаве-Редлиха-Квонга	Реализовано	Альтернативный термодинамический базис для инженерных расчетов фазового равновесия	
9	Уравнение состояния Брусиловского	Реализовано	Трехпараметрическое кубическое уравнение состояния для моделирования природных углеводородных систем	
10	Расчет парожидкостного равновесия	Реализовано	Расчет фазового состояния многокомпонентной смеси при заданных термобарических условиях	
11	Отображение параметров уравнения состояния	Реализовано	Просмотр молекулярных масс, критических свойств, ацентрических факторов, коэффициентов взаимодействия и поправок к объему	
Автоматическая адаптация PVT-модели				
12	Автоадаптация по методу Брусиловского-Ющенко	Реализовано	Последовательная настройка параметров модели на лабораторные и промысловые данные	
13	Пакетная автоадаптация по нескольким исследованиям	Реализовано	Одновременная настройка модели с учетом нескольких экспериментов и групп данных	
14	Физические ограничения при адаптации	Реализовано	Контроль монотонности молекулярных масс, критических свойств и ацентрического фактора по компонентному ряду	
15	Автогруппировка компонентов	Реализовано	Сокращение числа компонентов и псевдокомпонентов для ускорения расчетов и повышения устойчивости модели	
16	Сопоставление расчета и эксперимента	Реализовано	Оценка отклонений, построение таблиц и графиков ошибки по лабораторным и промысловым данным	
Моделирование экспериментов и фазового поведения				
17	Контактная конденсация	Реализовано	Моделирование изменения фазового состояния газоконденсатной системы при заданной программе давления	

18	Контактно-дифференциальная конденсация	Реализовано	Расчет газоконденсатного эксперимента с последовательным изменением условий и контролем выпавшей жидкости	
19	Сепарация	Реализовано	Расчет разделения потока на газовую и жидкую фазы при заданных давлении и температуре	
20	Расчет фазового равновесия при заданных Р-Т условиях	Реализовано	Определение фаз, составов, долей фаз и основных свойств при заданных термобарических параметрах	
21	Фазовая диаграмма с изоплерами	Реализовано	Построение огибающей фазового состояния, критической области и изоплер для заданной смеси	
Анализ состава по глубине				
22	Распределение компонентного состава с глубиной	Реализовано	Построение зависимостей состава флюида по глубине и сопоставление скважинных данных	
23	Потенциальное содержание C5+ с глубиной	Реализовано	Расчет и визуализация изменения тяжелой углеводородной части по глубине	
Сепарационные схемы				
24	Создание схем сепарации	Реализовано	Формирование пользовательских схем последовательного разделения потоков	
25	Расчет дебитов по фазам	Реализовано	Определение дебитов газа, конденсата и других фаз на выходах схемы	
26	Добавление нескольких скважин в расчетную схему	Реализовано	Совместный расчет потоков от разных скважин с учетом заданных составов и режимов	
Ограничения текущей версии и план развития				
27	Моделирование PVT-исследований пластовых нефтей	Планируется	Дифференциальная сепарация и полный набор нефтяных PVT-экспериментов не входят в текущую версию	План развития 2027-2028 гг.
28	Выпадение твердой фазы	Планируется	Моделирование парафинов и асфальтенов в текущей версии не реализовано	План развития 2027-2028 гг.
29	Фазовое равновесие с учетом полярных компонентов	Планируется	Системы с выраженными полярными компонентами требуют отдельного термодинамического расширения	План развития 2027-2028 гг.